

Practitioner's Docket No.: 782\_141

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the application of: Atsuo KONDO, Jungo KONDO and Kenji AOKI

Filed: Concurrently Herewith

For: TRAVELING WAVE OPTICAL MODULATORS

Box Patent Application  
Assistant Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

I hereby certify that this paper or fee is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 CFR 1.10 addressed to the **Box Patent Application, Assistant Commissioner for Patents, Washington D.C. 20231** on December 15, 2000 under "EXPRESS MAIL" mailing label number **EL692672925US**.

  
Elizabeth A. VanAntwerp

1c941 U.S. PTO  
09/738174  
12/15/00

#3 1/2  
13 Mar 01  
R. Tallent

CLAIM FOR PRIORITY

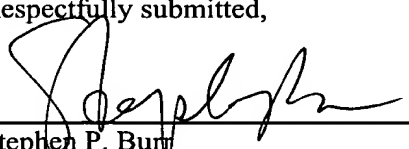
Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified application and the priority provided in 35 USC 119 is hereby claimed:

Japanese Application 11-355,335 filed December 15, 1999.

In support of this claim, a certified copy of the Japanese Application is enclosed herewith.

Respectfully submitted,

  
Stephen P. Burr  
Reg. No. 32,970

December 15, 2000  
Date

SPB/eav

BURR & BROWN  
P.O. Box 7068  
Syracuse, NY 13261-7068

Customer No.: 025191  
Telephone:(315) 233-8300  
Facsimile:(315) 233-8320

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

jc841 U.S. PTO  
09/738174  
12/15/00

This is to certify that the annexed is a true copy  
of the following application as filed with this Office.

Date of Application : December 15, 1999

Application Number : Japanese Patent Application  
No. 11-355335

Applicant(s) : NGK INSULATORS, LTD.

Certified on October 27, 2000

Commissioner,  
Patent Office Kozo OIKAWA (Sealed)

Certification No. 2000-3088051

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

Jc641 U.S. PTO

09/738174



12/15/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 9 年 1 2 月 1 5 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 1 1 年 特 許 願 第 3 5 5 3 3 5 号

出 願 人

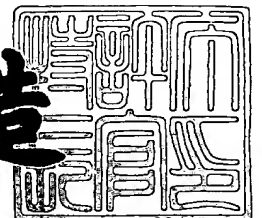
Applicant (s):

日本碍子株式会社

2 0 0 0 年 1 0 月 2 7 日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出 証 番 号    出 証 特 2 0 0 0 - 3 0 8 8 0 5 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 99P00614

【提出日】 平成11年12月15日

【あて先】 特許庁長官 近藤 隆彦 殿

【国際特許分類】 G02F 1/00

【発明の名称】 進行波形光変調器

【請求項の数】 6

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

【氏名】 近藤 厚男

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

【氏名】 近藤 順悟

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内

【氏名】 青木 謙治

【特許出願人】

【識別番号】 000004064

【氏名又は名称】 日本碍子株式会社

【代理人】

【識別番号】 100059258

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉村 暁秀

【選任した代理人】

【識別番号】 100072051

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉村 興作

【選任した代理人】

【識別番号】 100098383

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉村 純子

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 015093

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703804

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 進行波形光変調器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 強誘電性の電気光学単結晶からなり、相対的に厚さの大きい肉厚部分と相対的に厚さの小さい肉薄部分とを備えている光導波路基板、

この光導波路基板の少なくとも前記肉薄部分の上に形成されている光導波路、および

前記光導波路を伝搬する光を変調する電圧を印加するために、少なくとも前記肉薄部分上に設けられている電極を備える進行波形光変調器であって、

前記肉薄部分において前記光導波路の一部分を被覆するバッファ層を備えており、このバッファ層上に前記電極が形成されていることを特徴とする、進行波形光変調器。

【請求項 2】 前記肉薄部分に複数の前記バッファ層が設けられており、各バッファ層上にそれぞれ前記電極が設けられていることを特徴とする、請求項 1 記載の進行波形光変調器。

【請求項 3】 前記肉薄部分に複数列の前記光導波路が形成されており、各列の前記光導波路がそれぞれ前記バッファ層によって被覆されており、各列の光導波路がそれぞれ前記バッファ層によって被覆されている各被覆長さの差が 0.2 mm 以下であることを特徴とする、請求項 2 記載の進行波形光変調器。

【請求項 4】 前記バッファ層が帯状をしており、この帯状のバッファ層に対して前記電極が交差するように延びていることを特徴とする、請求項 1 - 3 のいずれか一つの請求項に記載の進行波形光変調器。

【請求項 5】 前記光導波路の長手方向に見たときに、前記バッファ層の少なくとも一方の端部に、バッファ層の厚さが徐々に変化するテーパ領域が設けられていることを特徴とする、請求項 1 - 4 のいずれか一つの請求項に記載の進行波形光変調器。

【請求項 6】 前記光導波路に TE モードの光を伝搬させることを特徴とする、請求項 1 - 5 のいずれか一つの請求項に記載の進行波形光変調器。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】本発明は、進行波形光変調器に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】本出願人は、特開平 1 0 - 1 3 3 1 5 9 号公報において、進行波形光変調器の基板の光導波路の下に薄肉部分を設け、この薄肉部分の厚さを例えば  $10\ \mu\text{m}$  以下に薄くすることによって、酸化珪素等からなるバッファ層を形成することなく、変調器を  $10\ \text{GHz}$  以上で動作させることに成功した。このように、光導波路基板に肉厚部分と肉薄部分とを設ける場合には、バッファ層を形成することなしに高速光変調が可能であるし、バッファ層に起因する DC ドリフトを回避することができ、また駆動電圧  $V\pi$  と電極の長さ  $L$  との積 ( $V\pi \cdot L$ ) を小さくできるので、有利である。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】しかし、本出願人がこのタイプの進行波形光変調器を更に具体的に検討した結果、光導波路内において光の吸収損失が発生することがあった。特に、マッハツェンダー型の光導波路を形成した場合には、光導波路を 2 列に分岐させ、各分岐光導波路から出射する各光を再び結合させる必要があるので、各分岐光導波路内における各吸収損失は一致していることが必要である。しかし、現実には、2 列の分岐光導波路における各吸収損失に偏差が生じ、消光比の低下につながることもあった。

【0 0 0 4】本発明の課題は、高速光変調が可能であって、かつ DC ドリフトが低く、駆動電圧  $V\pi$  と電極の長さ  $L$  との積 ( $V\pi \cdot L$ ) を小さくできる進行波形光変調器において、光導波路内における光の吸収損失を抑制することである。

【0 0 0 5】

【課題を解決するための手段】本発明者は、肉厚部分と相対的に厚さの小さい肉薄部分とを備えている光導波路基板、少なくとも肉薄部分の上に形成されている光導波路、および少なくとも肉薄部分上に設けられている電極を備える進行波形光変調器において、肉薄部分において光導波路の一部を被覆するバッファ層を設け、このバッファ層上に電極を形成することによって、光導波路内における光の吸収損失を抑制することに成功し、本発明に到達した。

【0006】図1、図2を適宜参照しつつ、本発明を更に具体的に説明する。図1は、本発明の一実施形態に係る進行波形光変調器1Aを概略的に示す平面図であり、図2(a)は、図1のIIa-IIa線断面図であり、図2(b)は図1のIIb-IIb線断面図である。

【0007】基板2は、強誘電性の電気光学単結晶からなる。こうした結晶は、光の変調が可能であれば特に限定されないが、ニオブ酸リチウム、ニオブ酸カリウムリチウム、タンタル酸リチウム、KTP、ガラス、シリコン、GaAs及び水晶などを例示することができる。ニオブ酸リチウム単結晶、タンタル酸リチウム単結晶およびニオブ酸リチウム-タンタル酸リチウム固溶体単結晶からなる群より選ばれた一種以上の単結晶が、特に好ましい。

【0008】基板2は、一方の主面2aおよび他方の主面2bを備えている。一方の主面2aには、所定形状、例えばマッハツェンダー型の光導波路3が形成されている。本例の光導波路3は、入り口部分3a、分岐部分3b、3c、および結合部分3dを備えている。2c、2dは基板2の光の入出力側の端面である。

【0009】基板2の中央部には、他方の主面側に開口する略直方体形状の凹部4が形成されており、凹部4上には肉薄部分12が形成されている。凹部および肉薄部分12を四方から囲むように肉厚部分10が形成されている。基板2の主面2a上には、所定形状の電極6、7、8が形成されている。本例においては、基板2として、例えばニオブ酸リチウムのX板、Y板を使用しており、このため光導波路内にTEモードの光を伝搬させる。そして、光導波路の分岐部分3b、3cを、電極6、7、8の間のギャップ領域に設ける。

【0010】本例においては、光導波路3と、電極6、7とは、平面的に見て6つの交差箇所9A、9B、9C、9D、9E、9Fで交差している。各交差箇所は、いずれも肉薄部分12上に存在する。

【0011】分岐光導波路3b上には、細長い、あるいは帯状のバッファ層5A、5Bが形成されており、それぞれ分岐光導波路3bの一部を被覆している。バッファ層5Aと5Bとは離れている。交差箇所9Aにおいて、電極6と分岐光導波路3bとの間にバッファ層5Aが介在しており、交差箇所9Bにおいて、電極6と分岐光導波路3bとの間にバッファ層5Bが介在している。



【0012】分岐光導波路 3 c 上には、帯状のバッファ層 5 C、5 D が形成されており、それぞれ分岐光導波路 3 c の一部分を被覆している。バッファ層 5 C と 5 D とは離れている。交差箇所 9 C、9 E において、電極 6、7 と分岐光導波路 3 c との間にバッファ層 5 C が介在しており、交差箇所 9 D、9 F において、電極 6、7 と分岐光導波路 3 c との間にバッファ層 5 D が介在している。

【0013】このように、肉薄部分において、光導波路の一部分のみをバッファ層によって被覆し、バッファ層上に電極を設けることで、光導波路内を伝搬する光の吸収損失を抑制することに成功した。その上、光の高速変調特性については何ら悪影響を与えないし、またバッファ層に起因する DC ドリフトも発生しないことを確認した。

【0014】本発明の好適な実施形態においては、肉薄部分に複数のバッファ層が設けられており、各バッファ層上にそれぞれ電極が設けられている。

【0015】また、肉薄部分に複数列の光導波路を形成し、各列の光導波路をそれぞれバッファ層によって被覆することができる。これによって、各列の光導波路における光の吸収損失の量を近づけることができる。

【0016】この場合に特に好ましくは、各列の光導波路のバッファ層によって被覆されている各被覆長さの偏差を、0.2 mm 以下とし、更に好ましくは各被覆長さを等しくする。例えば、図 1 の例において、分岐光導波路 3 b がバッファ層 5 A、5 B によって被覆されている被覆長さ ( $L_A + L_B$ ) と、分岐光導波路 3 c がバッファ層 5 C、5 D によって被覆されている被覆長さ ( $L_C + L_D$ ) とを等しくする。これによって、各列の光導波路 3 b、3 c における光の吸収損失をほぼ等しくし、消光比を改善することができる。

【0017】また、好ましくは、バッファ層が帯状をしており、この帯状のバッファ層に対して電極が交差するように延びている。このような形態のバッファ層を採用することによって、バッファ層に起因する DC ドリフトなどを最小限とすることができる。

【0018】本発明の特に好適な実施形態においては、光導波路の長手方向に見たときに、バッファ層の一方の端部または両方の端部に、バッファ層の厚さが徐々に変化するテーパ領域を設ける。これによって、特性インピーダンスが急激

に変化する不連続点の発生を防止できる。また、光がバッファ層の直下を通過するときに、急激なモード（光電界）の変化が発生しないので、バッファ層の下における光の反射を防止できる。

【0019】図3は、この実施形態に係る進行波形光変調器1Bを示す平面図であり、図4は図3のIV-IV線断面図である。図1、図2に示した構成部分には、図1、図2と同じ符号を付け、その説明を省略する。

【0020】本例の進行波形光変調器1Bにおいては、各バッファ層5E、5F、5G、5Hの両方の端部に、それぞれ、テーパ領域13が形成されている。テーパ領域13においては、各バッファ層の厚さが徐々に変化している。

【0021】肉厚部分10の厚さは、光導波路基板に強度を付与するという観点からは、 $300\mu\text{m}$ 以上とすることが好ましい。

【0022】肉薄部分12の厚さは、マイクロ波の実効屈折率 $n_{\text{mw}}$ を顕著に低減するという観点からは、 $20\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以下であることが一層好ましい。また、肉薄部分における加工時のクラック発生を防止するという観点からは、その厚さは $5\mu\text{m}$ 以上とすることが好ましい。

【0023】光導波路を伝搬する光の吸収損失を抑制するという観点からは、バッファ層の厚さは $0.3\mu\text{m}$ 以上とすることが好ましい。また、DCドリフトを抑制するという観点からは、バッファ層の厚さは $1.5\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。

【0024】電極は、低抵抗でインピーダンス特性に優れる材料であれば特に限定されるものではなく、金、銀、銅などの材料から構成することができる。

【0025】バッファ層は、酸化シリコン、弗化マグネシウム、窒化珪素、及びアルミナなどの公知の材料を使用することができる。

【0026】

【実施例】（実験A）

（本発明例1の進行波形光変調器の作製）

図1、図2に示す進行波形光変調器1Aを作製した。具体的には、Xカットした $\text{LiNbO}_3$ 単結晶からなるウェハーの主面を削り、ウェハーの厚さを $300\mu\text{m}$ とした。チタン拡散プロセスとフォトリソグラフィ法とによって、ウェハ

一の一方の主面 2 a に、マッハツェンダー型の光導波路 3 を形成した。次いで、ホトリソグラフィ法によって、酸化珪素からなるバッファ層 5 A - 5 D を形成した。また、ホトリソグラフィ法によって、金からなる電極 6、7、8 をバッファ層上に形成した。こうして作製したウエハーをダイシングソー加工機で切断し、各進行波形光変調器に分割し、光導波路 3 の端面を光学研磨した。

【0027】次いで、基板の主面にレジスト膜をコーティングし、エキシマレーザー加工機にセットし、基板のオリフラ面を基準にして、加工位置の位置合わせを行った。KrFエキシマレーザーを光源として使用し、スポットスキャン方式によって露光し、他方の主面 2 b 側を加工した。照射したスポットのサイズが、走査方向 1.0 mm、幅 0.2 mm となり、照射エネルギー密度が  $6.0 \text{ J/cm}^2$  となるように光学系を調整した。パルス幅 15 nsec、パルス周波数 600 Hz、走査速度 0.1 mm/sec で電極の裏側を加工し、凹部 4 を形成した。

【0028】光導波路基板 2 の肉厚部分 10 の厚さは  $300 \mu\text{m}$  であり、肉薄部分 12 の厚さは  $10 \mu\text{m}$  であり、電極 6、7、8 のギャップの大きさは  $26 \mu\text{m}$  である。光導波路 3 を形成する際のチタンパターンの幅は  $6 \mu\text{m}$  である。各バッファ層の厚さは  $0.4 \mu\text{m}$  であり、幅は  $100 \mu\text{m}$  であり、長さは 0.2 mm である。電極 6 の交差部分 9 A - 9 D の幅はそれぞれ  $50 \mu\text{m}$  であり、電極 7 の交差部分 9 E、9 F の幅はそれぞれ  $50 \mu\text{m}$  である。電極の厚さは  $30 \mu\text{m}$  である。LA、LB、LC、LD は、それぞれ 0.2 mm である。従って、 $(LA + LB)$  は  $(LC + LD)$  に等しい。

【0029】（比較例の進行波形光変調器の作製）

上記した本発明例 1 と同様にして進行波形光変調器を作製した。ただし、上記において、バッファ層 5 A - 5 D は設けなかった。

【0030】（光の挿入損失の測定）

本発明例 1 および比較例の各進行波形光変調器を、それぞれ 28 個ごと作製した。1.5  $\mu\text{m}$  シングルモード光ファイバーを保持した単芯ファイバーアレイを作製し、これを各変調器に結合し、光ファイバーと光導波路とを調芯し、紫外線硬化型樹脂によって接着した。本発明例と比較例との各変調器について、挿入損

失を測定し、その結果を表 1 に示す。

【0 0 3 1】

【表 1】

	光の挿入損失 (n = 2 8)	
	平均値	上限と下限との差
本発明例 1	3 . 9 d B	0 . 4 d B
比較例	9 . 7 d B	0 . 8 d B

【0 0 3 2】 (実験 B)

実験 A の本発明例 1 において、L A を 0 . 1 5 m m とし、L B を 0 . 2 5 m m とし、L C を 0 . 2 5 m m とし、L D を 0 . 2 5 m m とした。従って、(L A + L B) は 0 . 4 m m であり、(L C + L D) は 0 . 5 m m である。これを本発明例 2 とする。

【0 0 3 3】 実験 A の比較例、本発明例 1、および上記の本発明例 2 の各進行波形光変調器を、それぞれ 1 6 個作製した。そして、実験 A と同様にして光ファイバーを各変調器に結合し、オン－オフ消光比を測定した。この結果を表 2 に示す。

【0 0 3 4】

【表 2】

オン－オフ消光比 (n = 1 6)		
	平均値	上限と下限との差
本発明例 1	2 4 . 6 d B	3 . 2 d B
本発明例 2	2 3 . 4 d B	2 . 8 d B
比較例	1 2 . 3 d B	2 . 8 d B

【0 0 3 5】

【発明の効果】 このように、本発明によれば、高速光変調が可能な、肉薄部分と

肉厚部分とを備える進行波形光変調器において、光導波路内における光の吸収損失を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施形態に係る進行波形光変調器 1 A を概略的に示す平面図である。

【図 2】 (a) は、図 1 の I I a - I I a 線断面図であり、(b) は、図 1 の I I b - I I b 線断面図である。

【図 3】 本発明の他の実施形態に係る進行波形光変調器 1 B を概略的に示す平面図である。

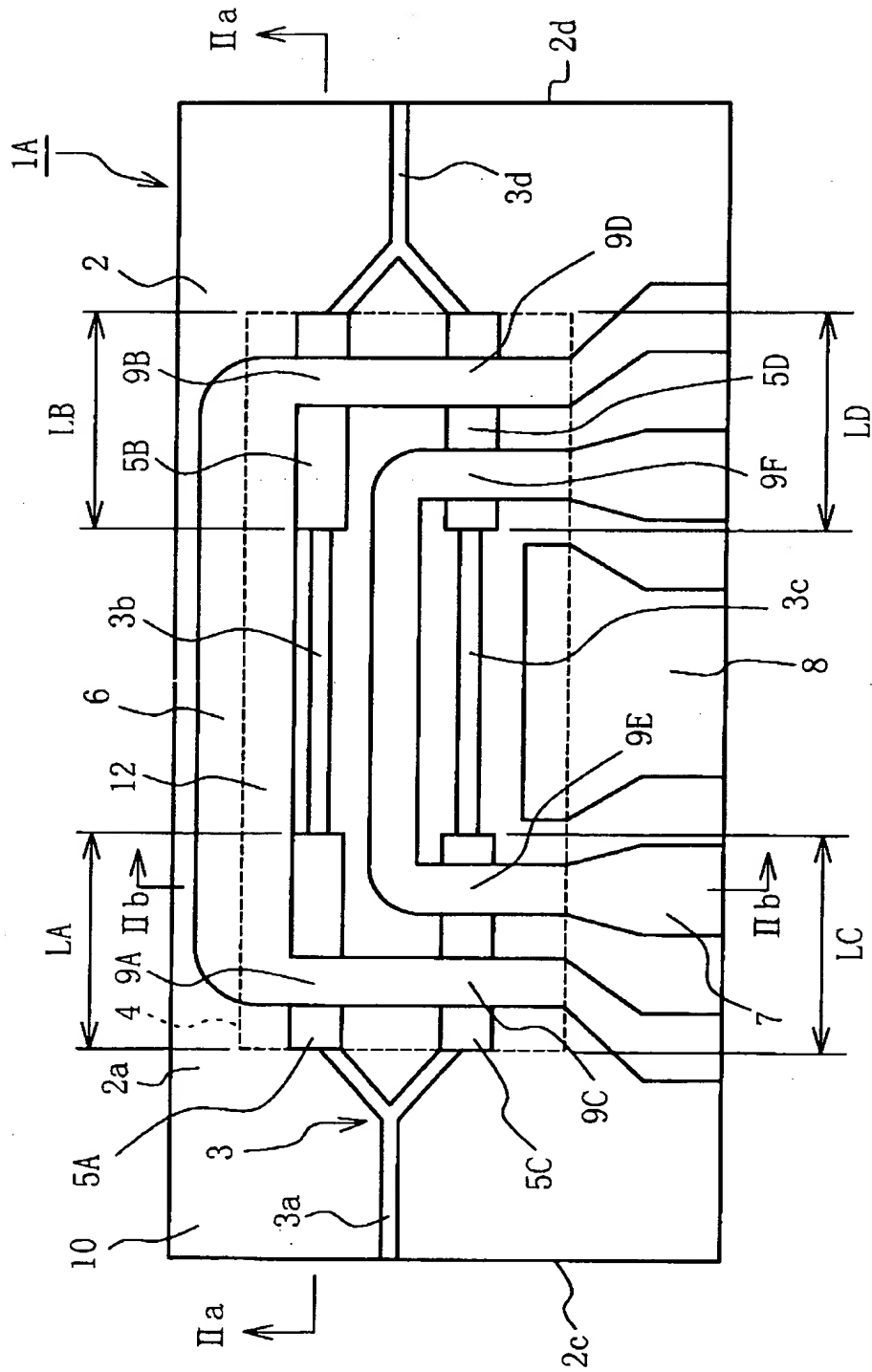
【図 4】 図 3 の I V - I V 線断面図である。

【符号の説明】 1 A、1 B 進行波形光変調器                      2 光導波路基板  
 2 a、2 b 光導波路基板 2 の主面                      2 c、2 d 光導波路基板 2 の端面  
 3 光導波路                      3 b、3 c 分岐光導波路                      4 凹部  
 5 A、5 B、5 C、5 D バッファ層                      5 E、5 F、5 G、5 H  
 テーパー領域 1 3 を備えるバッファ層                      6、7、8 電極                      9 A、  
 9 B、9 C、9 D、9 E、9 F 光導波路と電極との交差部分                      1 0 肉  
 厚部分                      1 2 肉薄部分                      1 3 テーパー領域                      L A、L B  
 、L C、L D                      光導波路がバッファ層によって被覆されている部分の被覆  
 長さ

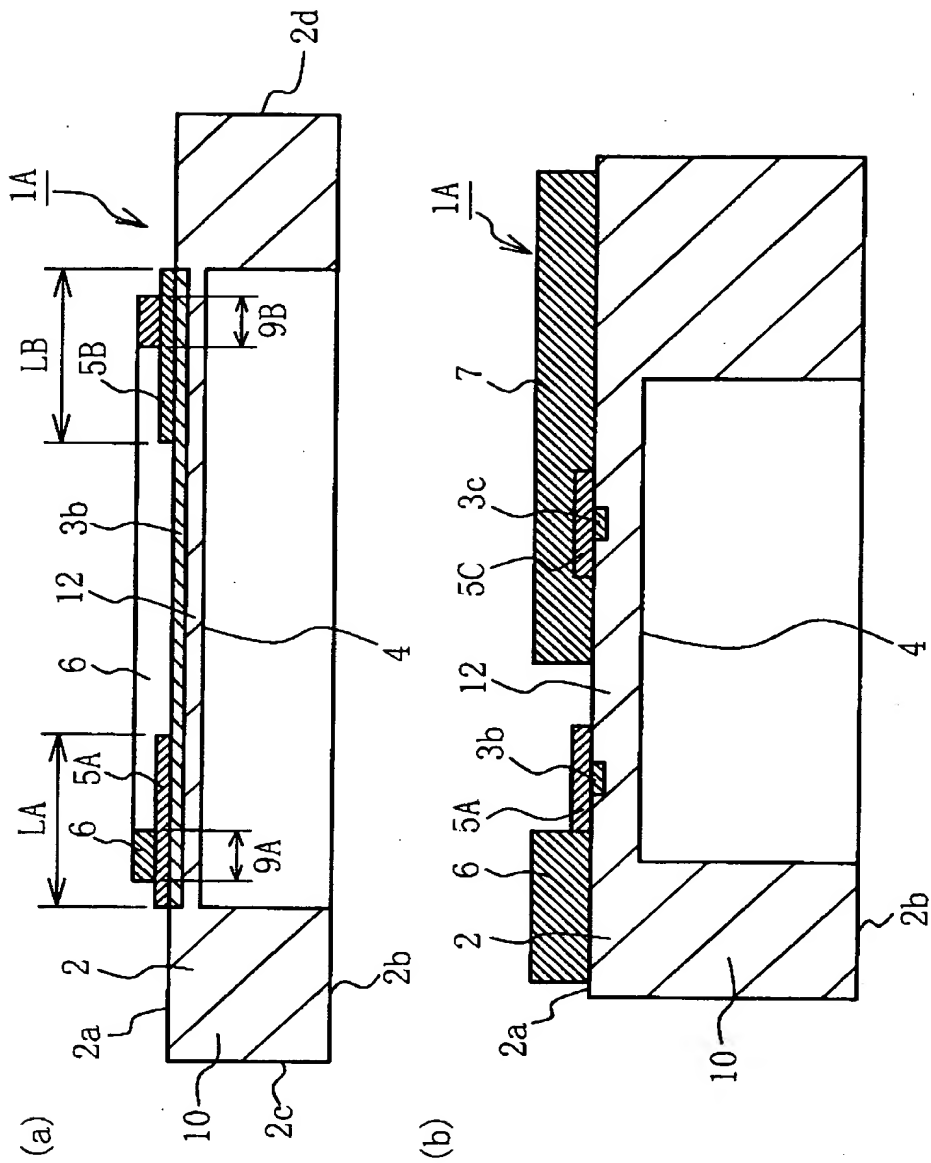
【書類名】

図面

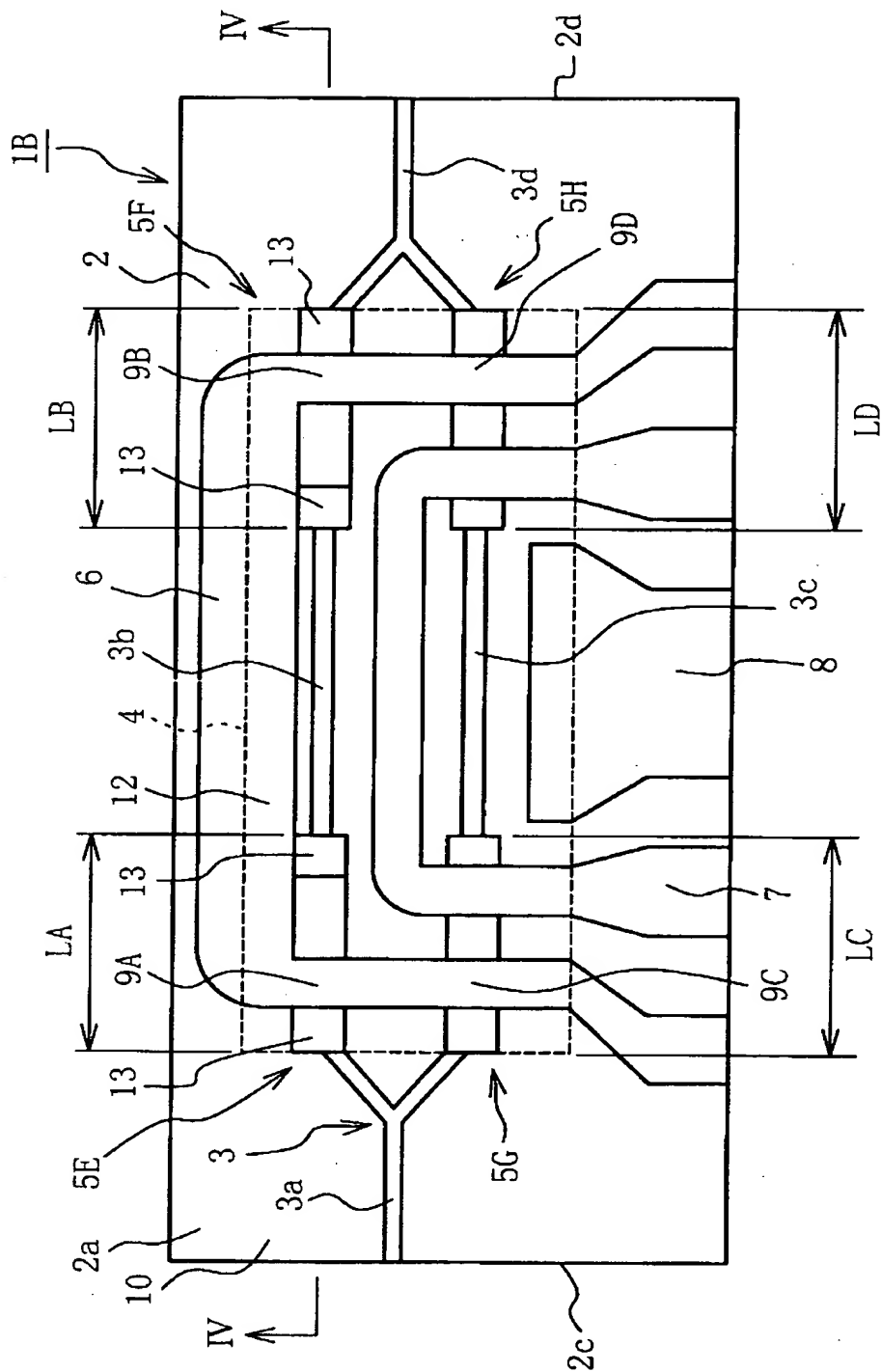
【図 1】



【図 2】

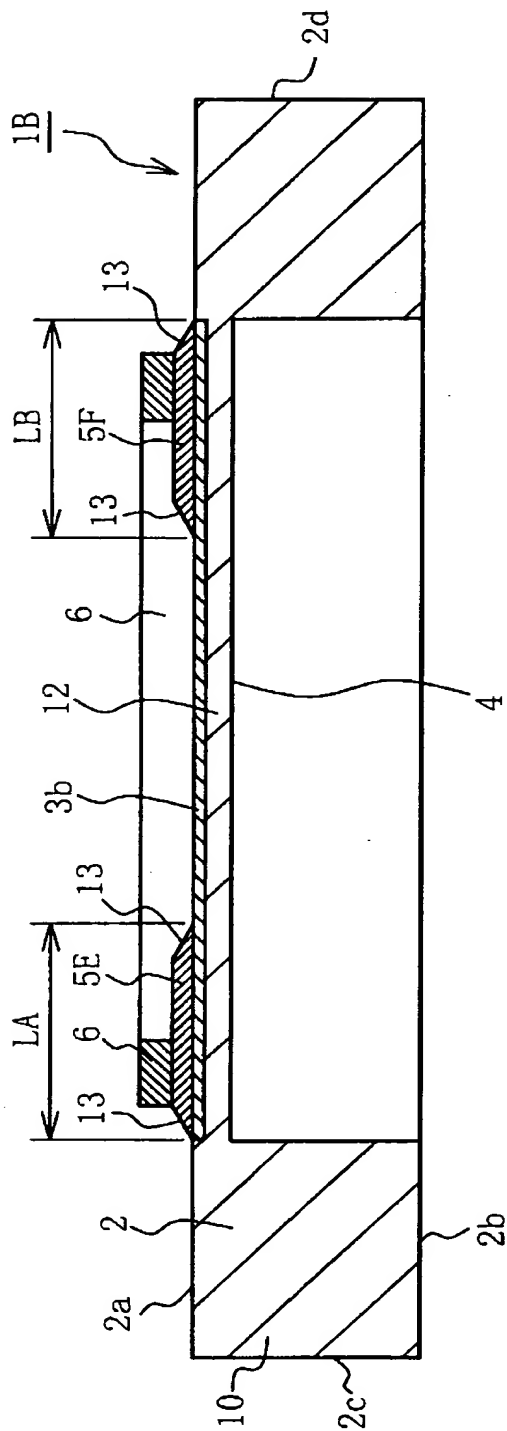


【図 3】





【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高速光変調が可能であって、かつDCドリフトが低く、駆動電圧 $V_{\pi}$ と電極の長さ $L$ との積( $V_{\pi} \cdot L$ )を小さくできる進行波形光変調器において、光導波路内における光の吸収損失を抑制する。

【解決手段】 進行波形光変調器 1 A は、強誘電性の電気光学単結晶からなり、相対的に厚さの大きい肉厚部分 1 0 と肉薄部分 1 2 とを備えている光導波路基板 2、基板 2 の少なくとも肉薄部分 1 2 の上に形成されている光導波路 3、および光導波路 3 を伝搬する光を変調する電圧を印加するために、少なくとも肉薄部分 1 2 上に設けられている電極 6、7 を備える。肉薄部分 1 2 において、光導波路 3 の一部分を被覆するバッファ層 5 A、5 B、5 C、5 D を備えている。バッファ層上に電極 6、7 が形成されている。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004064]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

氏 名 日本碍子株式会社